



# **CAMPAGNA DI MISURA DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

Comune di Villafranca  
Via Calzoni

9 agosto - 6 settembre 2010  
20 settembre - 28 settembre 2010  
11 ottobre - 18 ottobre 2010

---

**a cura del Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona**

Relazione: Dr.ssa Francesca Predicatori  
Dr. Paolo Frontero

Gestione Laboratorio Mobile: Andrea Salomoni

Direttore del Dipartimento: Ing. Giancarlo Cunego



## **Indice della relazione tecnica.**

a. Periodo di indagine.....	3
b. Localizzazione del sito.....	3
c. Caratteristiche dei principali inquinanti .....	4
d. Commento sulla situazione meteorologica .....	4
e. Analisi dei risultati per il PM10 .....	7
f. Analisi dei risultati per il PM2.5 .....	8
g. Analisi dei risultati per i principali inquinanti .....	10
h. Tabelle raffiguranti le determinazioni sperimentali e grafici raffiguranti l'andamento delle concentrazioni.....	13
i. Riferimenti normativi.....	17

### a. Periodo di indagine.

Il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato nei periodi 9 agosto - 6 settembre, 20 settembre-28 settembre e 11 ottobre-18 ottobre 2010 tre campagne di misura con la stazione rilocabile collocata in via Calzoni a Villafranca per valutare la qualità dell'aria (Figura 1).

L'indagine è stata richiesta da Aeroporto Valerio Catullo di Verona Villafranca s.p.a..

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente:

- ❑ inquinanti convenzionali: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>);
- ❑ inquinanti non convenzionali: benzene, toluene, xilene, (BTX), polveri sottili (PM<sub>10</sub>), idrocarburi policiclici aromatici

Sono stati inoltre misurati in continuo alcuni parametri meteorologici quali temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, velocità del vento prevalente, direzione del vento prevalente e globale, sigma prevalente, radiazione solare netta e globale.

### b. Localizzazione del sito.

<b>Informazioni sulla località sottoposta a controllo</b>	
Comune	Villafranca
Posizione	Via Calzoni
Tipologia del sito	<i>traffico - Zona residenziale</i>
Coordinate Gauss Boaga	X: Y:

**Figura 1:** rappresentazione satellitare del sito di monitoraggio





### c. Caratteristiche dei principali inquinanti

Inquinante	Caratteristiche chimico-fisiche	Principali sorgenti
PM <sub>10</sub>	Particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm	La componente primaria è originata direttamente da sorgenti quali traffico stradale ed industrie e dalla risospensione del particolato presente al suolo. La frazione secondaria del PM <sub>10</sub> è dovuta a reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera fra i precursori, principalmente SO <sub>2</sub> , ammoniaca e NO <sub>x</sub> .
NO <sub>2</sub>	Inquinante secondario, si forma principalmente per ossidazione dell'NO. In atmosfera si trasforma in acido nitrico (HNO <sub>3</sub> )	Impianti di riscaldamento, traffico veicolare, centrali di potenza, attività industriali
CO	Inquinante primario. Gas inodore ed incolore leggermente più leggero dell'aria.	Combustione incompleta dei combustibili fossili. Traffico, impianti di riscaldamento e processi industriali quali produzione di acciaio e ghisa.
SO <sub>2</sub>	Gas incolore di odore pungente. In atmosfera reagisce con l'umidità trasformandosi in acido solforico	Combustione di combustibili fossili contenenti zolfo: impianti di riscaldamento, centrali di potenza.
Ozono	Inquinante secondario. Gas di colore azzurro e odore pungente. Reagisce con tutti i composti ed i materiali che possono essere ossidati.	Si forma in seguito all'ossidazione dei composti organici volatili (COV) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) (che fungono da catalizzatori) e radiazione solare.
Benzene	Idrocarburo liquido molto stabile chimicamente, volatile, incolore di odore caratteristico	processi di combustione incompleta: veicoli a motore, emissioni industriali, incendi.

### d. Commento sulla situazione meteorologica

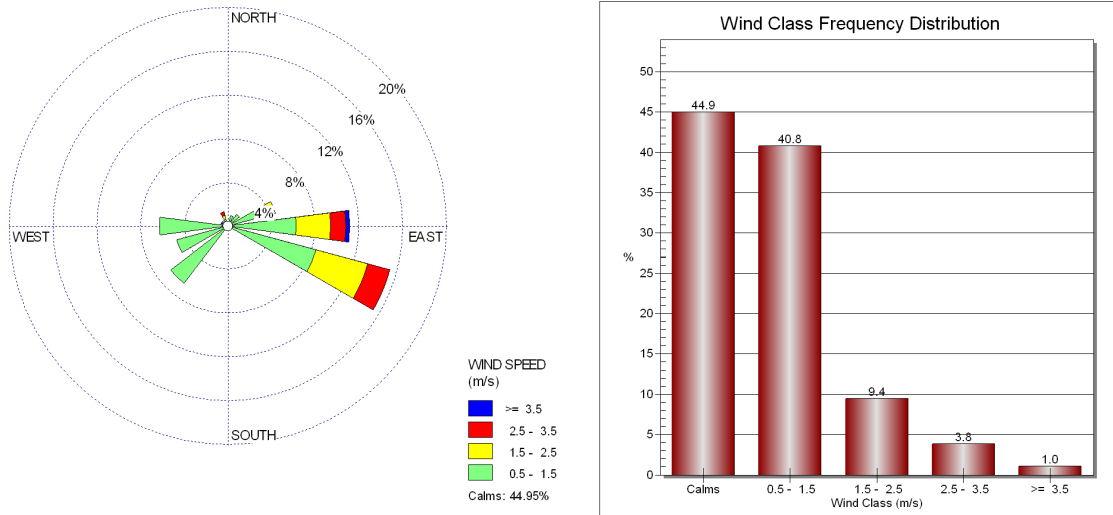
#### Campagna di misure 9 agosto - 6 settembre 2010

Durante il periodo della campagna di misura si è realizzata una fase temporalesca tra il 13 ed il 14 agosto che ha determinato un accumulo di pioggia complessivo di 100 mm; ciò ha favorito una rimozione significativa del particolato atmosferico. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nell'unità mobile è emerso:

- Le direzioni prevalenti sono state: ESE (15.3% dei rilevamenti orari), E(11.1% dei rilevamenti orari), W (6.2% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 45 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 41% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.5 m/s, nel 9.4% dei casi compresi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s; nel 3.8% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s.. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 0.86 m/s con il 94% di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 2) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio.

**Figura 2** : rosa dei venti e percentuale di incidenza a sx, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio in via Calzoni nel periodo 9 agosto – 6 settembre 2010. a dx



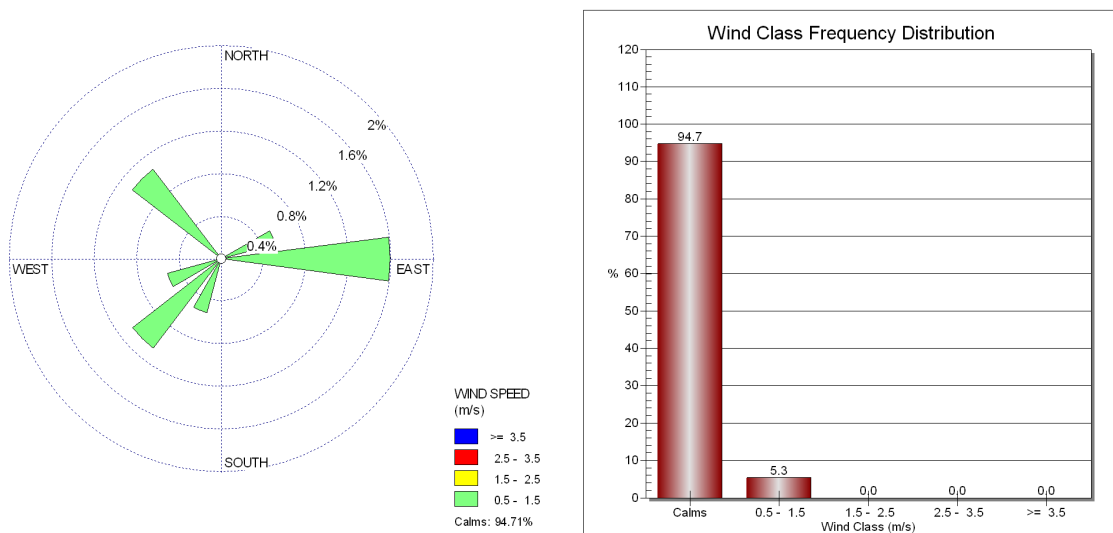
### Campagna di misure 20 settembre - 28 settembre 2010

Anche durante questa campagna di misura si sono verificate, specie nella seconda metà della settimana condizioni spiccatamente instabili che hanno prodotto complessivamente 80 mm di pioggia mantenendo bassi i livelli di concentrazione degli inquinanti. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nell'unità mobile è emerso:

- Le direzioni prevalenti sono state: E (16% dei rilevamenti orari), SW(11% dei rilevamenti orari),NW (11% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 94.7% dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 5.3% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.5 m/s. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 0.1 m/s con il 99% di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 3) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio.

**Figura 3** : rosa dei venti e percentuale di incidenza a sx, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio in via Calzoni nel periodo 20 settembre– 28 settembre 2010 a dx



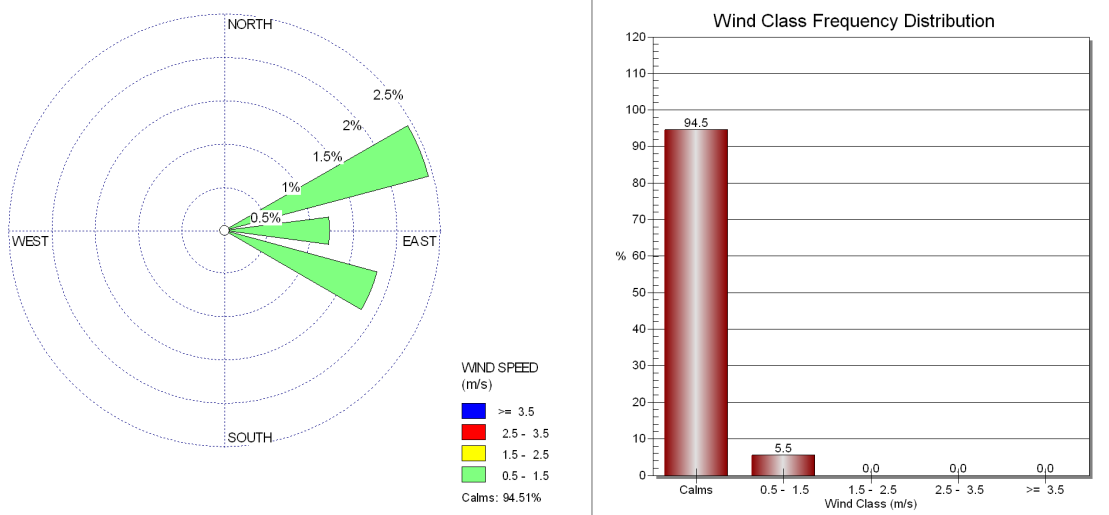
## Campagna di misure 11 ottobre - 18 ottobre 2010

Durante questa campagna le condizioni meteorologiche sono rimaste sostanzialmente stabili con scarsa ventilazione, tutto ciò ha favorito una certa crescita delle concentrazioni di inquinanti; solo verso fine campagna l'ingresso di una perturbazione atlantica ha determinato fenomeni di precipitazione con sensibile calo delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nell'unità mobile è emerso:

- Le direzioni prevalenti sono state: ENE (25.4% dei rilevamenti orari), ESE(18.3% dei rilevamenti orari), E (12.2% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 94.5% dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 5.5% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.5 m/s. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 0.1 m/s con il 99% di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 4) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio

**Figura 4** : rosa dei venti e percentuale di incidenza nel periodo di monitoraggio a sx, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio in via Calzoni nel periodo 11 ottobre– 18 ottobre 2010, a dx





## e. Analisi dei risultati per il PM<sub>10</sub>

Con il termine polveri sottili o PM<sub>10</sub> si indica la componente con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm del particolato aereodisperso. Si tratta di un insieme alquanto eterogeneo di composti che in parte derivano dall'emissione diretta causata dalle attività antropiche quali traffico, industria, riscaldamento. In parte (si stima per più dell'80%) è prodotto da reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera e coinvolgono i composti organici volatili, ammoniaci, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo. Grazie alle ridotte dimensioni, le particelle di PM<sub>10</sub> possono rimanere in atmosfera per periodi di tempo anche relativamente lunghi prima di subire il processo di dilavamento o sedimentazione. Non è quindi possibile legare la concentrazione di PM<sub>10</sub> misurata localmente con una o più precise fonti emissive poiché essa è il risultato di un complesso insieme di fenomeni che implicano l'emissione di sostanze inquinanti, il loro ricombinarsi e coagularsi in atmosfera, il trasporto dovuto alle dinamiche dei bassi strati dell'atmosfera. Questo spiega la diffusione pressoché omogenea del PM<sub>10</sub> sul nostro territorio.

Le concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate durante la campagna di monitoraggio effettuata in via Calzoni sono state confrontate con quelle rilevate dalle stazioni fisse di Verona. La stazione di Verona - Cason è una stazione di fondo urbano situata lontano da fonti emissive dirette quali strade e industrie, è quindi un punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento caratteristici dell'area risultanti dal trasporto degli inquinanti anche dall'esterno dell'area urbana e dalle emissioni dell'area urbana stessa. La stazione di Verona Borgo Milano è una stazione di traffico urbano, situata presso una strada ad alta intensità di traffico, ed è quindi rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate prevalentemente da emissioni legate al traffico veicolare.

Nel seguito vengono confrontati gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> misurati dalla stazione mobile con quelli misurati presso le stazioni fisse di Verona Borgo Milano e Verona Cason. Sono stati calcolati per ogni periodo di misura il valore medio, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>, la percentuale di giorni di superamento rispetto al numero di giorni di monitoraggio.

I risultati sono riportati in Tabella 1.

**Tabella 1:** Media della concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> calcolata durante le campagne di monitoraggio effettuate in Via Calzoni a Villafranca e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona

09/08/10-06/09/10	Villafranca Via Calzoni	VR-B.go Milano	VR-Cason
media periodo (µg/m <sup>3</sup> )	22	19	25
n. sup. VL 50 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
% gg sup/gg monitor.	0	0	0

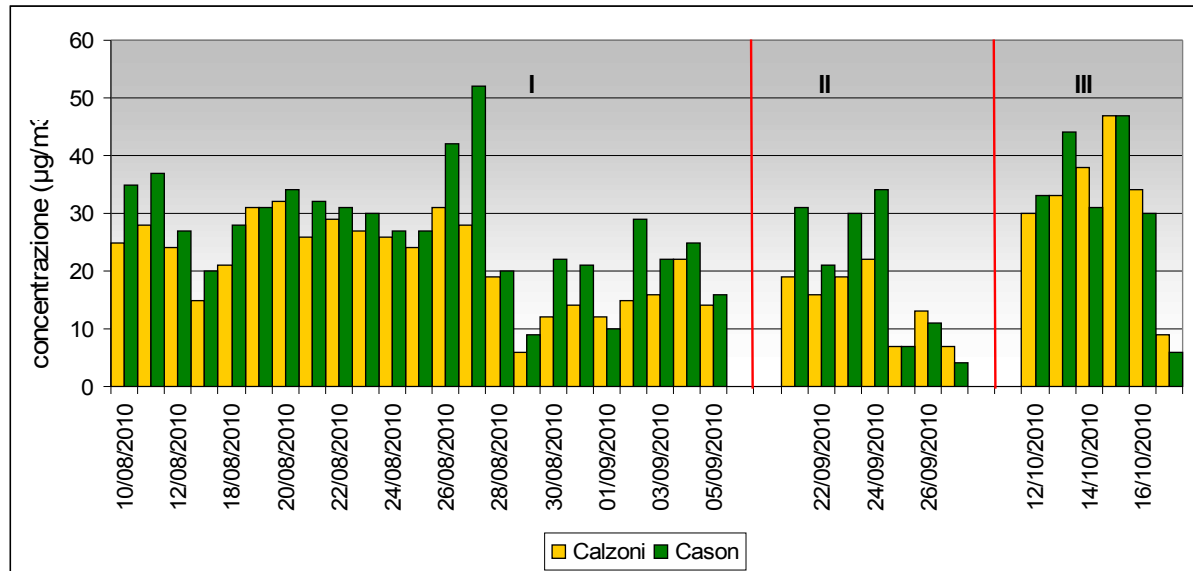
20/09/10-28/09/10	Villafranca Via Calzoni	VR -B.go Milano	VR -Cason
media periodo(µg/m <sup>3</sup> )	15	18	19
n. sup. VL 50 ug/m <sup>3</sup>	0	0	0
% gg sup/gg monitor.	0	0	0

11/10/10-18/10/10	Villafranca Via Calzoni	VR -B.go Milano	VR -Cason
media periodo(µg/m <sup>3</sup> )	32	23	30
n. sup. VL 50 ug/m <sup>3</sup>	0	0	0
% gg sup/gg monitor.	0	0	0

Nei tre periodi di misura l'andamento delle concentrazioni di polveri sottili presso il sito di via Calzoni è stato analogo all'andamento delle concentrazioni misurate presso la stazione di Verona Cason e di B.go Milano. Su 34 giorni di misura complessivi, non è stato rilevato alcun superamento del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana dalle polveri inalabili (PM<sub>10</sub>), pari a 50 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 35 volte nell'arco dell'anno civile. Inoltre, in tutte e tre le campagne di misura, le medie della concentrazione di PM<sub>10</sub> associate alla stazione rilocabile sono risultate sostanzialmente allineate a quelle delle stazioni fisse di riferimento. In Figura 5 viene l'andamento delle concentrazioni

di PM<sub>10</sub> rilevato in località Calzoni è posto a confronto con quello rilevato a Verona – Cason. Si nota come l'andamento sia lo stesso nelle due stazioni di misura: i valori di Villafranca – Calzoni sono in genere leggermente inferiori a quelli rilevati presso la stazione di fondo di Verona - Cason

**Figura 5:** andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> rilevate a Villafranca loc. Calzoni – confronto con le concentrazioni rilevate nello stesso periodo a Verona – Cason. Le tre campagne sono indicate con le sigle I, II e III.



Durante i tre periodi di misura sono state rilevate anche le concentrazioni orarie di PM<sub>10</sub> tramite uno strumento automatico di tipo ottico (nefelometro). Le concentrazioni rilevate risultano in genere sovrastimate rispetto a quelle determinate tramite metodo gravimetrico anche del 40%. Nondimeno rispecchiano molto bene l'andamento delle concentrazioni di polveri sottili: l'aumento nel periodo notturno e delle prime ore della mattina legato alla diminuzione dell'altezza di rimescolamento e la diminuzione nelle ore centrali della giornata e in corrispondenza di eventi piovosi o di aumento della ventilazione. Si è quindi ritenuto significativo riportare i grafici degli andamenti delle concentrazioni orarie di PM<sub>10</sub> misurate tramite metodo nefelometrico nel paragrafo 7 "Tabelle raffiguranti le determinazioni sperimentali e grafici raffiguranti l'andamento delle concentrazioni".

#### f. Analisi dei risultati per il PM<sub>2.5</sub>

Il PM<sub>2.5</sub> è costituito dalla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm delle polveri aereodisperse, costituisce circa il 60-70% del PM<sub>10</sub>. Viene indicato come "frazione respirabile" delle polveri poiché a causa delle sue ridotte dimensioni penetra fino agli alveoli polmonari.

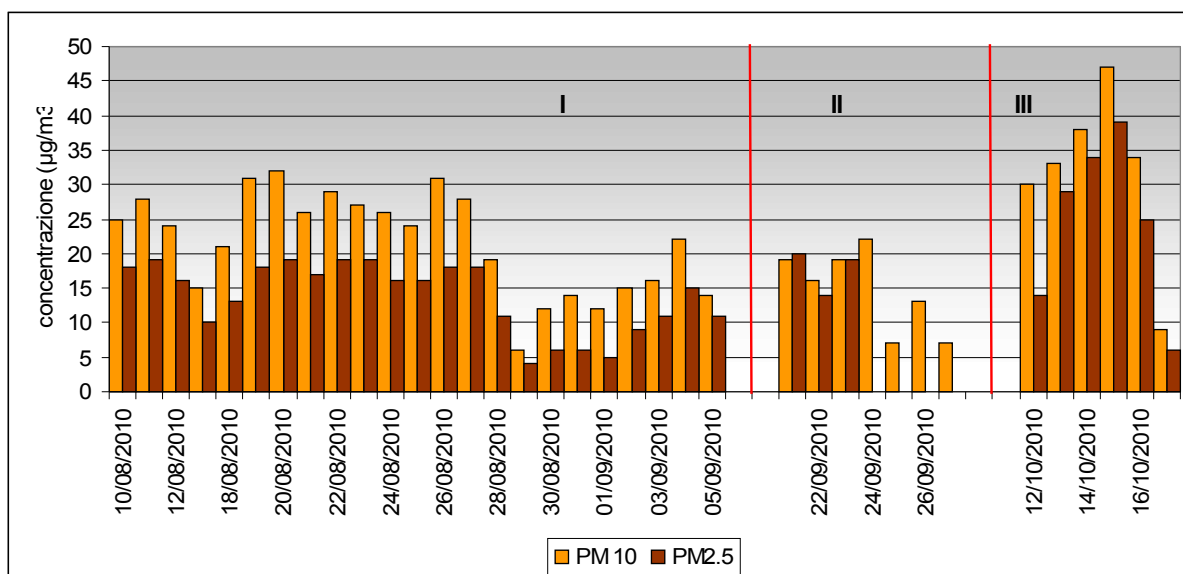
L'andamento della concentrazione di PM<sub>2.5</sub> è riportato in Figura 6: il rapporto fra concentrazione di PM<sub>2.5</sub> e quella di PM<sub>10</sub> rilevata nei tre periodi della campagna di misura in località Calzoni è pari 0.7. Lo stesso rapporto si ha fra le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> e di PM<sub>10</sub> rilevate nello stesso periodo presso la stazione di qualità dell'aria di Verona Cason. Le concentrazioni medie di PM<sub>2.5</sub> rilevata Calzoni è sempre inferiore a quella misurata presso la stazione fissa di Verona-Cason nello stesso periodo.

**Tabella 2:** Media della concentrazione giornaliera di PM<sub>2.5</sub> misurato durante le campagne di monitoraggio effettuate in Via Calzoni a Villafranca e nello stesso periodo presso la stazione fissa di Verona- Cason

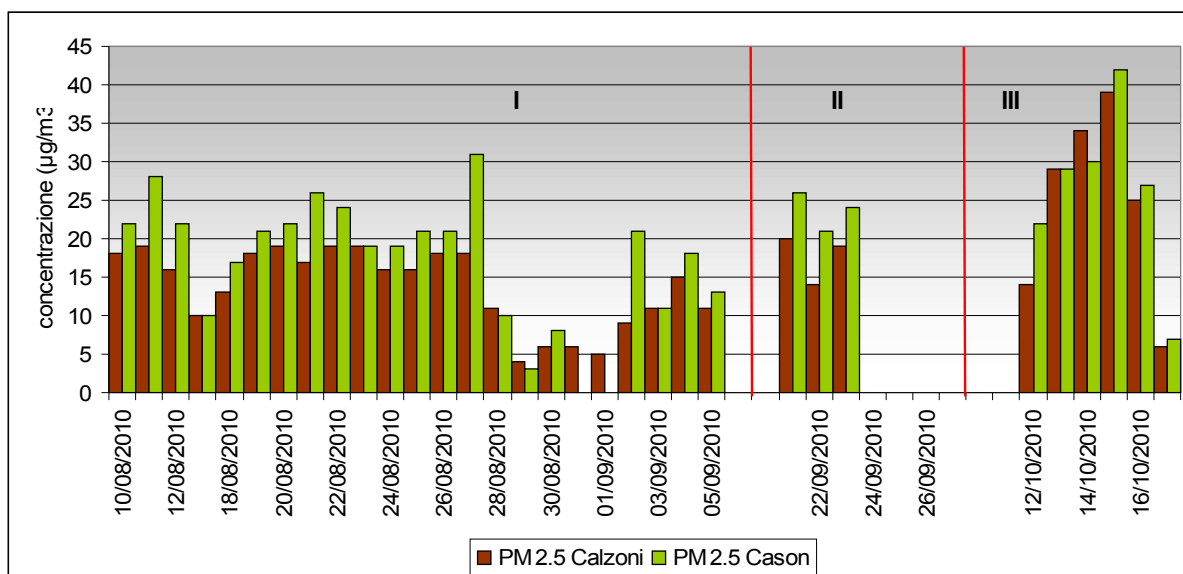
PM <sub>2.5</sub> media periodo (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Cason
09/08/10-06/09/10	14	18
20/09/10-28/09/10	18	24
11/10/10-18/10/10	25	26



**Figura 6:** confronto con le concentrazioni di  $PM_{2.5}$  e le concentrazioni di  $PM_{10}$  rilevate a Villafranca loc. Calzoni nello stesso periodo. Le tre campagne sono indicate con le sigle I, II e III



**Figura 7:** andamento delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  rilevate a Villafranca loc. Calzoni – confronto con le concentrazioni rilevate nello stesso periodo a Verona – Cason. Le tre campagne sono indicate con le sigle I, II e III.



## g. Analisi dei risultati per i principali inquinanti

### Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo è un gas incolore dall'odore acre e pungente a temperatura ambiente derivante sia da fonti antropiche che da fonti naturali. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche.

A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO<sub>2</sub> viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio; quindi solo le piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone.

Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico in quanto fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono.

Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra in quanto hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.

La crescente diffusione del metano, combustibile con tenore di zolfo quasi nullo, ha contribuito ad abbassare notevolmente i livelli di questo inquinante nell'aria ambiente: sia i valori orari, che i valori medi giornalieri sono rimasti ben al di sotto delle soglie previste dall'attuale legislazione. I valori medi e massimi misurati a nella campagna di misura sono sostanzialmente confrontabili con quelli rilevati nelle stazioni di rilevamento fisse di Verona, tranne qualche punta oraria limitata nel tempo.

Durante la campagna di misura non sono stati rilevati superamenti del limite orario pari a 125 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di tre volte all'anno. Tuttavia, nelle due ultime campagne, i valori medi risultano superiori con quelli misurati a Verona-Cason e B.go Milano.

**Tabella 3:** Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di SO<sub>2</sub> calcolati durante le campagne di monitoraggio effettuate in Via Calzoni a Villafranca e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc. Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
09/08/10-06/09/10	Media	1	4	1
	Minimo	1	0.2	0.2
	Max. orario	3	4	3

periodo	Concentrazione SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
11/10/10-18/10/10	Media	5	1	2
	Minimo	4	0.4	0.2
	Max. orario	9	3	4

periodo	Concentrazione SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc. Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
20/09/10-28/09/10	Media	4	1	0.7
	Minimo	3	0.2	0.2
	Max. orario	6	3	3

## Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Con il termine ossidi di azoto si indica una famiglia di composti i più caratteristici dei quali sono il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). Il monossido di azoto (NO) è un gas incolore e inodore che si forma in tutti i processi di combustione, indipendentemente dalla composizione chimica del combustibile, poiché l'azoto e l'ossigeno che lo costituiscono sono naturalmente presenti nell'atmosfera e si combinano in tutti i processi in cui si raggiungono temperature sufficientemente elevate (>1210°). Tali valori sono normalmente raggiunti nei motori a combustione interna. Nei processi di combustione si forma anche una piccola quantità di biossido (circa il 5%). Quest'ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione dell'ossido di azoto (NO), favorita dalla presenza di ossidanti quali l'ozono. Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti ad alte concentrazioni di NO<sub>2</sub> sono legati alla formazione di smog fotochimico in presenza di irraggiamento solare, alla acidificazione delle piogge ed alla riduzione dell'ozono stratosferico.

Durante la campagna di misura non sono stati rilevati superamenti del limite orario pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, i valori medi risultano allineati con quelli Verona-Cason e di B.go Milano, mentre i valori massimi orari durante la prima e terza campagna sono stati maggiori superando i 100 µg/m<sup>3</sup>

**Tabella 4:** Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> calcolati durante le campagne di monitoraggio effettuate in Via Calzoni a Villafranca e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc. Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
09/08/10-06/09/10	Media	29	18	11
	Minimo	3	5	1
	Max. orario	115	53	56

periodo	Concentrazione NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc. Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
20/09/10-28/09/10	Media	18	26	16
	Minimo	4	7	1
	Max. orario	50	69	39

periodo	Concentrazione NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca loc. Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
11/10/10-18/10/10	Media	41	32	22
	Minimo	9	8	1
	Max. orario	104	67	54

## Monossido di carbonio (CO)

Qualsiasi processo di combustione incompleta provoca la produzione di monossido di carbonio (CO), un gas incolore ed inodore che a concentrazioni molto elevate, normalmente non riscontrabili nell'aria ambiente, è fortemente dannoso per la salute. Una quota notevole di CO deriva da processi naturali connessi all'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi nell'atmosfera, dalle emissioni degli oceani e paludi, da incendi forestali, da acqua piovana e tempeste elettriche.

Le fonti antropiche di monossido di carbonio sono rappresentate da tutte le attività che comportano l'utilizzo di combustibili fossili, in particolare il traffico stradale (motori a benzina) è la sorgente principale (60% circa su scala nazionale), seguito dall'industria metallurgica (16% circa) e dall'uso domestico e commerciale (14% circa).

Il CO è un inquinante primario che solo lentamente viene ossidato a CO<sub>2</sub>: il tempo di permanenza in atmosfera può arrivare a sei mesi.

I livelli di questo inquinante nell'aria ambiente sono fortemente legati alla presenza di flusso veicolare: nella campagna di misura non sono stati rilevati superamenti dei valori limite. Il valore massimo orario è stato pari a 1.6 mg/m<sup>3</sup>, rilevato durante la campagna in via Calzoni; tutti i valori medi sono risultati allineati a quelli misurati nelle centraline fisse di B.go Milano e Cason, tranne nella seconda campagna che ha visto un valore medio di 0.7 (mg/m<sup>3</sup>) superiore ai valori medi delle centraline fisse

**Tabella 5:** Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di CO calcolati durante le campagne di monitoraggio effettuate in Via Calzoni a Villafranca e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione CO (mg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
09/08/10-06/09/10	Media	0.2	0.4	0.1
	Minimo	0.1	0.2	0.1
	Max. orario	0.8	0.6	0.3

periodo	Concentrazione CO (mg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
20/09/10-28/09/10	Media	0.7	0.4	0.2
	Minimo	0.4	0.3	0.1
	Max. orario	5	0.9	0.6

periodo	Concentrazione CO (mg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Borgo Milano	VR-Cason
11/10/10-18/10/10	Media	0.5	0.5	0.2
	Minimo	0.1	0.3	0.1
	Max. orario	1.6	1.0	0.6

### Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione degli inquinanti primari, quali composti organici volatili e ossidi di azoto. Anche in questo caso, le condizioni meteorologiche hanno un'enorme influenza sull'andamento delle concentrazioni. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o alta e venti moderati favorisce la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. Precursori sono i composti idrocarburici e gli ossidi di azoto presenti nell'aria, anche relativamente distanti dal punto di formazione dell'O<sub>3</sub>. Dall'analisi dei dati effettuata l'inquinamento da ozono risulta particolarmente critico in tutta l'area pianeggiante del Veneto.

L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute.

I valori medi nelle campagne di via Calzoni sono risultati allineati con quelli delle stazioni fisse, il valore massimo orario è stato pari a 164 µg/m<sup>3</sup>, inferiore alla soglia d'informazione stabilita dal DLgs 183/04, esso ha caratterizzato la prima campagna di misura in cui il contributo alle reazioni fotochimiche di produzione da parte dell'irraggiamento solare è risultato più significativo rispetto alle altre due campagne.

**Tabella 6:** Media, minima e massima concentrazione oraria di O<sub>3</sub> rilevata nella campagne di monitoraggio effettuata in Villafranca Via Calzoni e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Cason
09/08/10-06/09/10	Media	63	60
	Minimo	2	4
	Max. orario	164	163

periodo	Concentrazione O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Cason
20/09/10-28/09/10	Media	19	33
	Minimo	1	4
	Max. orario	56	94

periodo	Concentrazione O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Villafranca Via Calzoni	VR-Cason
11/10/10-18/10/10	Media	28	22
	Minimo	2	4
	Max. orario	82	76

**h. Tabelle raffiguranti le determinazioni sperimentali e grafici raffiguranti l'andamento delle concentrazioni.**

**Tabella 7** Concentrazioni giornaliere di monossido di carbonio, biossido di azoto e zolfo, ozono e PM<sub>10</sub> a Villafranca in Via Calzoni nella prima campagna di misure dal 9 agosto al 6 settembre 2010

	Biossido di zolfo µg/m <sup>3</sup>	Monossido di carbonio mg/m <sup>3</sup>	Biossido di azoto µg/m <sup>3</sup>	Ozono µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
09/08/10	5	0.1	21	80		
10/08/10	2	0	33	77	18	25
11/08/10	2	0.1	29	86	19	28
12/08/10	2	0.2	28	70	16	24
13/08/10	7	0.3	30	42		
16/08/10	0	0.6	18	63		
17/08/10	1	0.3	22	58	10	15
18/08/10	1	0.2	20	64	13	21
19/08/10	1	0.1	29	58	18	31
20/08/10	1	0.1	27	46	19	32
21/08/10	1	0.1	28	54	17	26
22/08/10	1	0.1	30	62	19	29
23/08/10	1	0.1	31	66	19	27
24/08/10	1	0.1	19	63	16	26
25/08/10	1	0.1	26	59	16	24
26/08/10	1	0.2	37	62	18	31
27/08/10	1	0.2	22	65	18	28
28/08/10	1	0.2	20	65	11	19
29/08/10	1	0.2	19	69	4	6
30/08/10	2	0.2	38	47	6	12
31/08/10	2	0.2	26	52	6	14
01/09/10	2	0.2	34	60	5	12

02/09/10	2	0.3	46	62	9	15
03/09/10	2	0.3	41	65	11	16
04/09/10	1	0.4	34	65	15	22
05/09/10	1	0.4	15	79	11	14

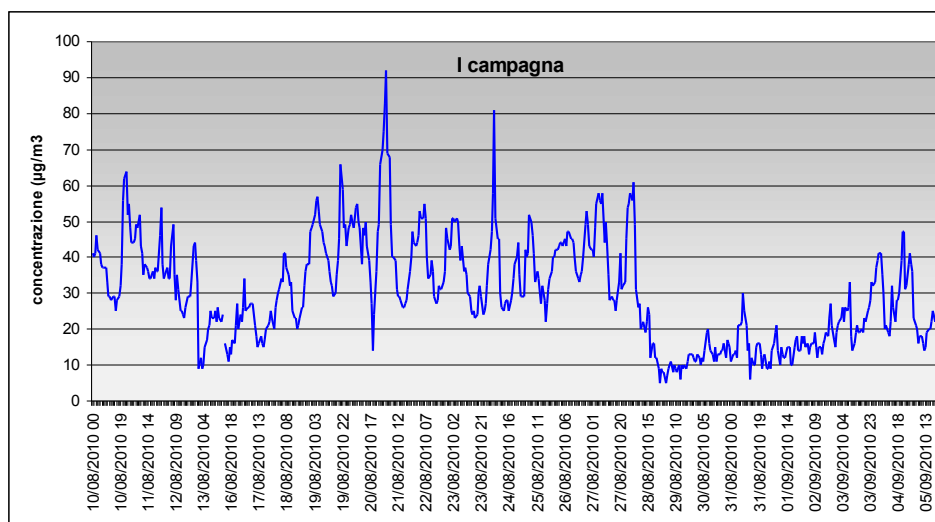
**Tabella 8** Concentrazioni giornaliere di monossido di carbonio, biossido di azoto e zolfo, ozono e PM<sub>10</sub> a Villafranca in Via Calzoni durante la seconda campagna di misure dal 20 settembre al 28 settembre 2010

	Biossido di zolfo	Monossido di carbonio	Biossido di azoto	Ozono	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
20/09/10	7	0.8	33	48		
21/09/10	4		39	37	20	19
22/09/10	4	7	39	31	14	16
23/09/10	5	0.7	42	37	19	19
24/09/10	5	0.8	37	49		22
25/09/10	4	0.7	14	58		7
26/09/10	4	0.9	31	30		13
27/09/10	4	0.8	35	26		7

**Tabella 9** Concentrazioni giornaliere di monossido di carbonio, biossido di azoto e zolfo, ozono e PM<sub>10</sub> a Villafranca in Via Calzoni durante la terza campagna di misure dal 11 ottobre al 18 ottobre 2010

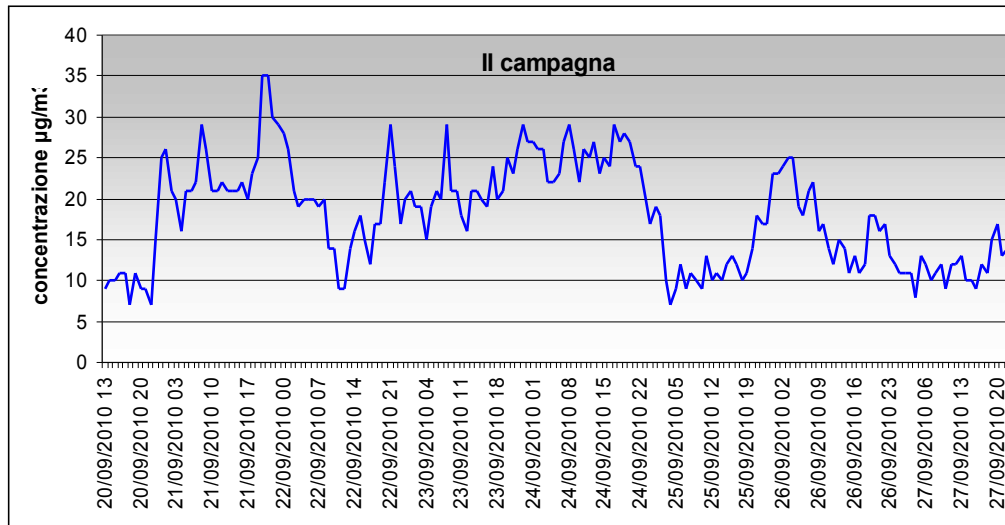
	Biossido di zolfo	Monossido di carbonio	Biossido di azoto	Ozono	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
11/10/10	5	1.1	11	43		
12/10/10	6	1.3		24	14	30
13/10/10	6	1.3	60	9	29	33
14/10/10	6	0.8	45	25	34	38
15/10/10	7	0.4	58	22	39	47
16/10/10	5	0.2	32	47	25	34
17/10/10	4	0.3	25	33	6	9

**Figura 8:** valori orari della concentrazione di PM<sub>10</sub> rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nella prima campagna di misura – strumento di misura: nefelometro

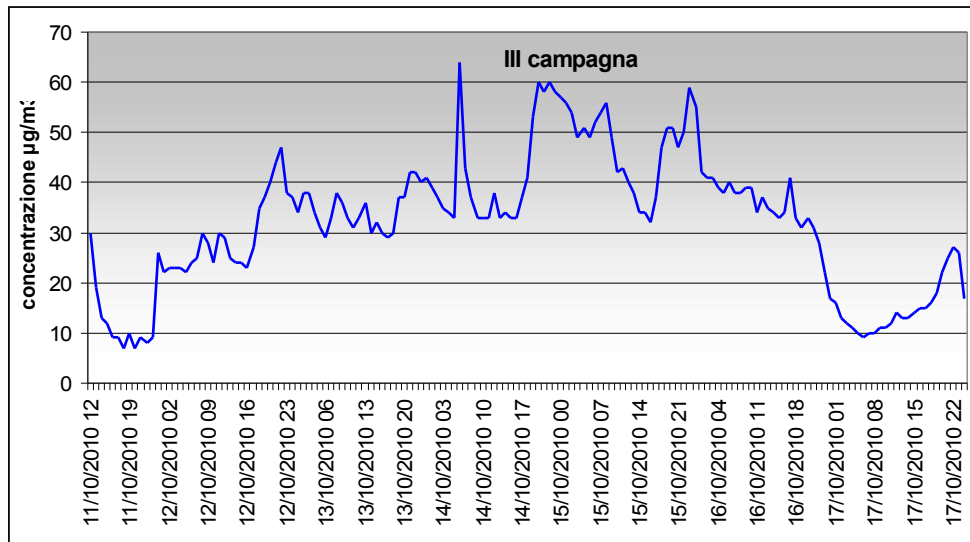




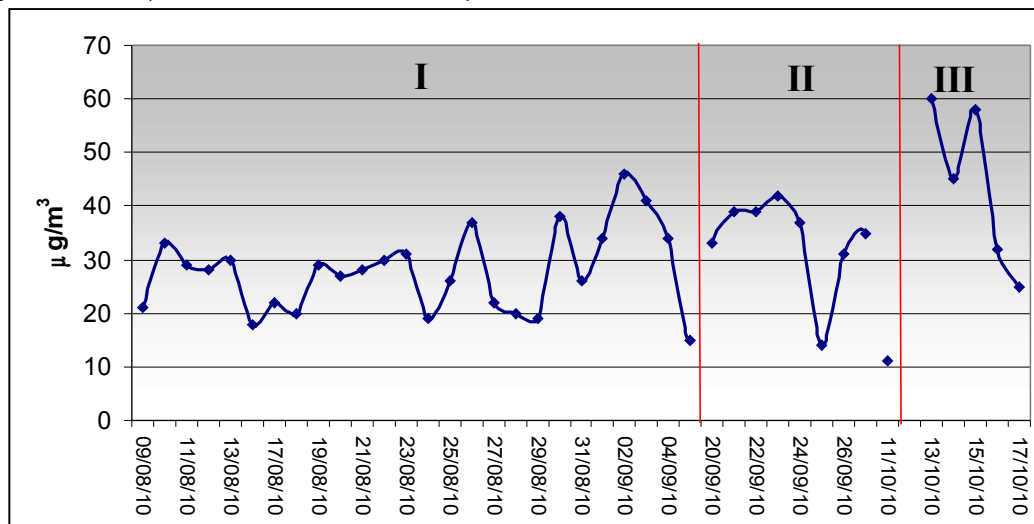
**Figura 9:** valori orari della concentrazione di  $PM_{10}$  rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nella seconda campagna di misura – strumento di misura: nefelometro



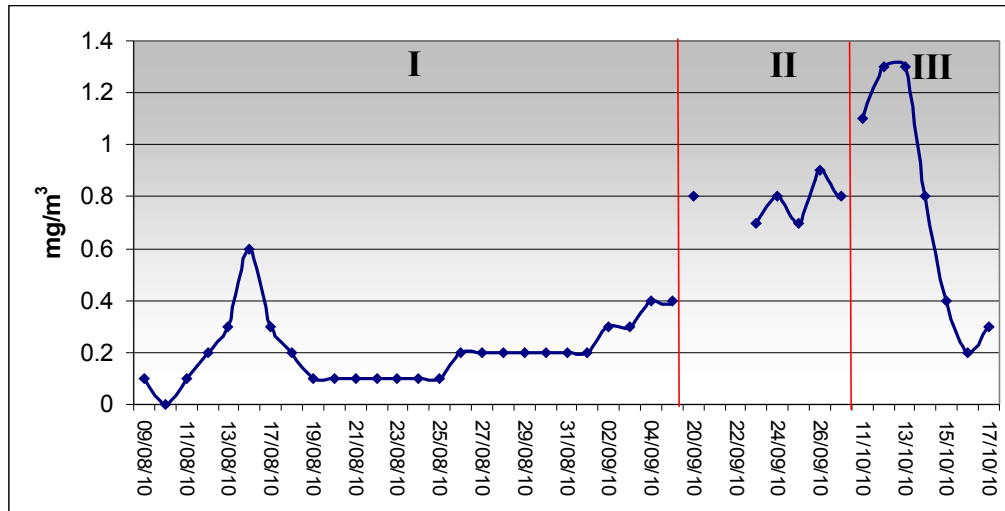
**Figura 10:** valori orari della concentrazione di  $PM_{10}$  rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nella terza campagna di misura – strumento di misura: nefelometro



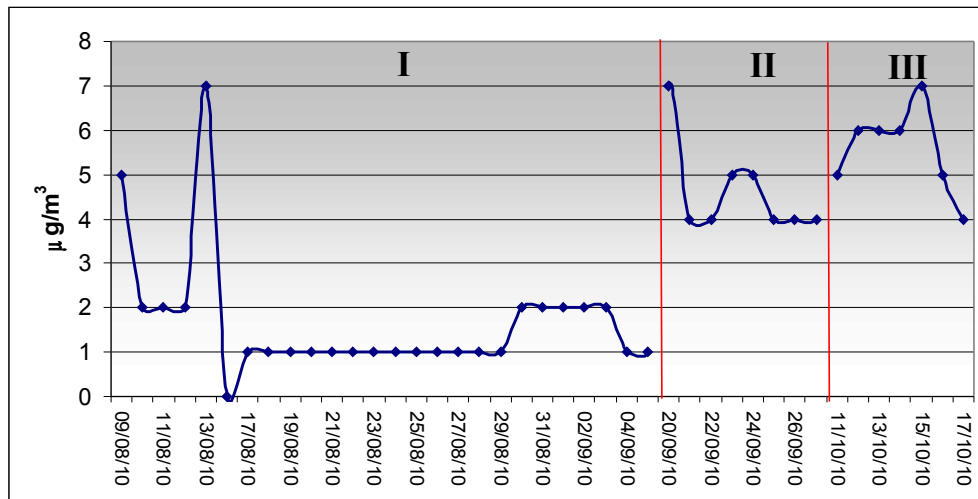
**Figura 11:** valori medi giornalieri della concentrazione di  $NO_2$  rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nelle tre campagne di misura (individuate dai numeri romani)



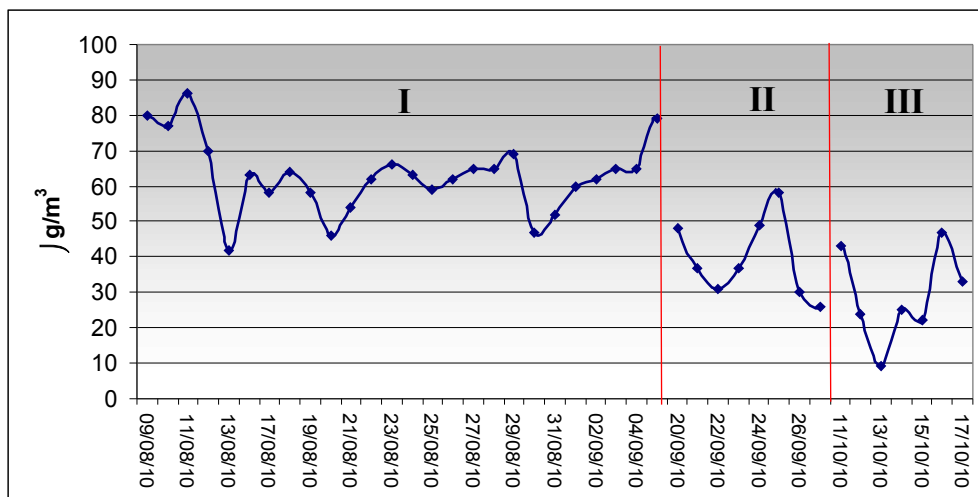
**Figura 12:** valori medi giornalieri della concentrazione di CO rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nelle tre campagne di misura (individuate dai numeri romani)



**Figura 13:** valori medi giornalieri della concentrazione di SO<sub>2</sub> rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nelle tre campagne di misura (individuate dai numeri romani)



**Figura 14:** valori medi giornalieri della concentrazione di O<sub>3</sub> rilevati a Villafranca in Via Calzoni, nelle tre campagne di misura (individuate dai numeri romani)



### i. Riferimenti normativi.

Si fa riferimento al D.Lgs. 155/2010, che recepisce la Direttiva della Comunità Europea n. 50 del 2008. Nelle tabelle seguenti viene riportata la normativa relativa all'esposizione acuta, all'esposizione cronica e per la protezione degli ecosistemi.

**Tabella 10:** soglie di informazione e di allarme.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	500 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	400 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 11:** valori limite

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore.	10 mg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Valore limite annuale - Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 12:** Livelli critici.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Livello critico invernale (01/10 – 31/03)	20 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Livello critico annuale	20 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Livello critico annuale	30 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Livello critico annuale	30 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 13:** valori obiettivo.

Inquinante	Tipologia	Valore
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore. Da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.	120 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione. AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio. Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su tre anni)	18000 µg/m <sup>3</sup> h
O <sub>3</sub>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.	120 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione. AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio.	6000 µg/m <sup>3</sup> h